

흰쥐에 실험적으로 유발한 간종양의 발견률에 대한 fast spin echo, fast multiplanar spoiled gradient recalled 영상 및 고식적 스핀에코 T1, T2 강조 영상의 비교¹

김명진 · 이종태 · 서진석 · 최필식 · 이연희 · 유형식 · 김기환

목 적: 고식적 spin echo(CSE: conventional spin echo) 방식에 의한 T1(T1WI) 및 T2 강조 영상(T2WI)과 fast spin echo(FSE) 방식에 의한 T2 강조 영상 및 fast multiplanar spoiled gradient recalled(FMPSPGR) 영상에 의한 T1강조 영상간의 흰쥐에 유발한 간종양의 발견률 및 병변의 현저도를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법: 13마리의 Sprague-Dawley 계의 수컷 흰쥐를 3'-methyl-dimethylethylbenzene을 Miller의 III 조제 방법에 혼합한 사료로 사육하여 간 내 종양을 유발시켰다. MR 영상은 흰쥐를 ketamine hydrochloride 150 mg/kg을 근육주사하여 마취한 후 1.5T 영상 장치(Signa, GE Medical Systems, Milwaukee, USA)로 이중 TMJ 코일을 사용하여 얻었다. Fast spin echo 방식에 의한 T2 강조 영상, 고식적 spin echo 방식의 T2 및 T1 강조 영상, fast multiplanar spoiled gradient recalled 영상을 얻었다. 각 영상 방식에서의 발견된 종양의 수와 종양의 contrast-to-noise ratio를 비교하였다.

결 과: 전체적으로 110개의 종양이 발생하였다. 종양의 발견률은 전체 종괴에 대해서는 FSE 방식에서 75%, FMPSPGR에서 65%, CSE T2WI에서 41%, CSE T1WI에서 41%였으며, 종괴의 크기가 5mm 이상인 경우, 발견률은 각각 FSE 88%, FMPSPGR 88%, CSE T2WI 65%, T1WI 81%로서 FSE 방식 및 FMPSPGR 영상에서 유의하게 높았다($p < 0.05$). 종괴의 CNR은 FSE에서 28.94 ± 21.6 , FMPSPGR 13.57 ± 8.64 , CSE T2WI 12.62 ± 10.65 , CSE T1WI 9.47 ± 8.05 로서, FSE 방식에서 다른 방식에 비해 유의하게 높은 결과를 보였다($p < 0.05$).

결 론: 흰쥐에 유발한 간 종양을 발견함에 있어서, FSE 방식에서 종양의 발견률 및 현저도가 가장 높았다. 또한 FMPSPGR 영상 역시 CSE T1WI보다 우수 하였다. 따라서 이 두 방식은 실제 임상에서도 유용하게 사용되어질 수 있으리라 생각된다.

서 론

이제까지의 비교 연구에 의하면 자기 공명(Magnetic resonance; MR)영상은 간 종괴를 발견함에 있어 유용한 검사 방법으로 인정 받고 있으며 고식적 CT에 비해 그 예민도가 높다고 알려져 있다(1-3). 그러나, 간 종괴의 MR 검사 시 영상 시간이 길고 호흡 및 장 운동 등에 의한 인공 유령물이 영상의 질을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 이를 극복하기 위한 방법의 하나로 다양한 급속 영상 방식이 사용되면서 임상적 유용성이 보고 되었다(4-9). 저자 등은 고식적 스핀 에코 방식에 의한 T2(T2WI) 및 T1 강조 영상(T1WI)과 고속 스핀 에코 방식(fast spin echo; FSE)에 의한 T2 강조 영상 및 fast multiplanar spoiled gradi-

ent recalled imaging(FMPSPGR)에 의한 T1 강조 영상 간에 간 내 종괴를 발견함에 있어서의 발견률 및 병변의 현저도를 비교하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

무게가 약 120g 되는 총 20마리의 생후 1주일 경의 Sprague Dawley 종의 수컷 흰쥐에 대하여 간 암종을 유발하기 위해 발암 물질인 3'-methyl-4-dimethylaminoazobenzene(3'-Me-DAB)(0.06% per volume)을 첨가하여 Miller등의 No.3 조제 방법을 따라 사료를 제조하여 흰쥐들이 임의로 섭취하도록 하였으며, 다른 일반 사료는 제공하지 않으면서 제조 사료를 12주간 투여하였다(10-12). 이 중 7마리는 사육 도중 사망하여 실험에서 제외되고 13마리의 쥐가 실험 대상이 되었다. 이들 쥐 모두에서 간 내 신생물이 생성되었음을 자기공명 영상 및 영상 획득후 희생시켜 간절편을 만들어 확인하였다.

¹연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실

본 논문은 1994년도 연세대학교 신입 교수 연구비 지원에의하여 이루어졌음
이 논문은 1994년 3월 7일 접수하여 1994년 7월 28일에 채택되었음

자기 공명 영상은 1.5T 초전도형 자기 공명 장치로 측두 하악 관절용 이중 코일을 사용하여 시행 하였다(GE Medical systems, Milwaukee, Wisconsin, USA). MR 영상의 조건으로 Field of view(FOV)는 10cm, matrix의 숫자는 256×192 로 하였다. 고식적 스핀에코 방식의 T1 강조 영상은 repetition time(TR) 300msec, echo time(TE)는 15msec로 하여 신호 평균 횟수(number of signal averaging : NSA)는 2회로 하였으며, 스핀에코 T2 강조 영상은 TR 2,000msec, TE 80msec, NSA는 1회로 하였다. FSE에 의한 영상은 TR 3,000msec, Effective TE 100 msec, echo train 16회, NSA는 2회로 얻었다. 각 경우에 있어서, 절단 두께는 5mm로, 절단면간의 간격은 1mm로 시행하였고, 이때 영상 시간은 각각 1분 57초, 6분 48초 및 1분 18초가 소요되었다. FMPSPGR의 경우 영상 단면을

12개로 결정하고, 절단 두께 5mm, 절단면 간격 0mm, flip angle 70도로 하였을 때, TR 119.1msec, TE 5.2msec로 결정되었고, NSA 2회로 하였으며, 영상 시간은 47초가 소요되었다.

MR 영상을 시행한 후 모든 쥐를 희생시켜 간을 절제해 낸 후에 간에 발생한 종괴의 숫자를 세어 보고 각 영상 방식에 의해 발견된 종괴와 비교하였다. 각 영상 방식에서 발견된 종괴의 숫자를 비교하였으며, 직경 5mm 이상의 종괴를 따로 비교하였다. 각 영상 기법에 의해 발견된 종괴의 현저도를 비교하기 위하여 대조도대 잡음 비(CNR)를 다음과 같은 공식에 의하여 계산하였다(4). 즉, $CNR = (Sliver - Stumor) / Nsd(Sliver)$; mean signal intensity of liver, Stumor: mean signal intensity of tumor, Nsd: standard deviation of signal intensity of noise). 각각의 신호강도는 종괴의 대부분의 면적을 포함할 수 있도록 노력하였으며, 잡음의 신호는 phase encoding 방향에서 가능한 넓은 범위를 측정하였다. CNR의 측정은 각 쥐에서 직경이 5mm이상인 가장 큰 종괴에 대해서만 측정하였다. 종괴 발견에 대한 발견률 및 CNR의 영상방식간의 차이에 대한 통계학적 유의성을 검증하기 위하여 Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test로 분석하였다. 또한 각 영상 방식에 의한 MR 영상의 질을 평가하기 위하여 호흡 및 박동에 의한 유령물의 정도와 해부학적 구조의 명확성을 고려하여 두 사람의 방사선과 의사가 서로 상의하여 영상

Table 1. Comparison of Detected Tumors and Contrast-to-noise Ratio of the Tumor for Each Imaging Sequence

	Detected tumors (total)	Detected tumors (> 5 mm)	Contrast-to-noise ratio of the largest tumor in each rat
FSE	83	23	28.9 ± 21.6
FMPSPGR	71	22	13.6 ± 8.6
CSE T2WI	45	17	12.6 ± 10.7
CSE T1WI	45	21	9.5 ± 8.1
Total	110	26	

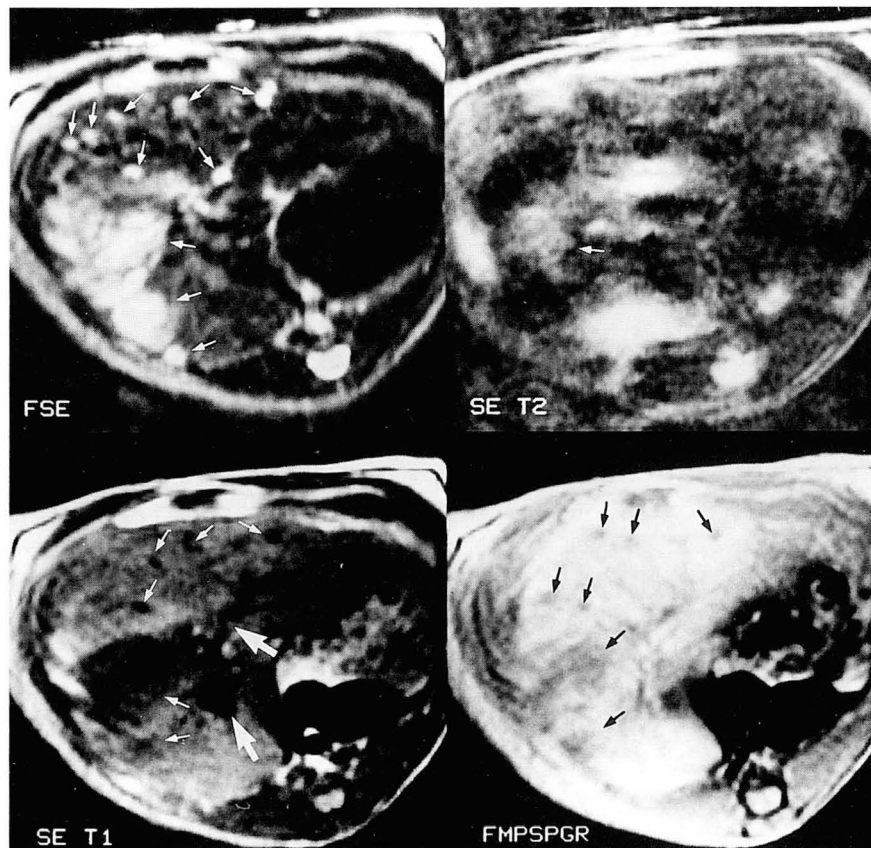


Fig. 1. Comparison of number of detected tumors on FSE(left upper, TE 3000msec, TE 100msec, 2 acquisitions, scan time 1 min 18sec), SE T2WI(right upper, 2000 msec, TE 80msec, 1 acquisitions, scan time 6 min 48 sec), SE T1WI(left lower, TR 300msec, TE 11 msec, 2 acquisitions, scan time 1 min 57 sec) and FMPSPGR(right lower, TR 119.1msec, TE 5.2 msec, 2 acquisitions, scan time 47sec)images. FSE image depicts nine tumor deposits(small arrows) with sharp margination. On SE T2WI, only the largest tumor is poorly defined. SE T1WI image and FMPSPGR images depicts five and seven tumor deposits respectively with low signal intensity. Note the hepatic vascular structures(large arrows), which are most clearly visualized on conventional SE T1WI.

의 질을 'very good', 'good', 'fair' 및 'poor'의 4단계로 나누어 비교하여 보았다.

결 과

실험 대상이 된 13마리의 쥐에서 총 110개의 종괴가 발생하였다. 종괴의 크기는 직경이 약 2mm에서 5cm까지 다양하였다(Table 1). 각 영상 방식에서 발견된 총 종괴의 수는 각각 FSE 83개(75%), FMPSPGR 71개(65%), CSE T2WI 45개(41%), CSE T1WI 45개(41%)였다. 직경 5 mm 이상의 종괴는 총 26개로써 FSE 23개(88%), FMPSPGR 22개(88%), CSE T1WI 21개(81%), CSE T2WI에서 17개(65%)가 각각 발견되었다. FSE와 FMPSPGR 간에는 발견률에 있어서 유의한 차이가 없었으나($p>0.1$), 이 두방식은 모두 CSE T2WI 및 T1WI에 비해 유의하게 발견률이 높았다($p<0.05$) (Fig. 1).

종괴의 CNR은 FSE에서 28.94 ± 21.6 , CSE T2WI 12.62 ± 10.65 , CSE T1WI 9.47 ± 8.05 , FMPSPGR 13.57 ± 8.64 로서, FSE 방식은 다른 방식에 비해 유의하게 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 각 종괴에 있어서 FSE 방식에 대한 상대적 CNR은 CSE T2WI가 0.38, CSE T1WI가 0.47, FMPSPGR 영상이 0.64 였다(Fig. 2).

영상의 질이 '매우 우수' 또는 '우수'로 평가된 경우는 FSE 방식의 전례, CSE T2WI에서는 7예, CSE T1WI에

서는 12예, FMPSPGR는 10예였다(Table 2). 영상의 질이 불량으로 판정되었던 경우는 CSE T2WI에서만 2예 있었다. 종괴에 대한 발견률, 특히 작은 크기의 종괴 발견률 및 영상의 질은 마취의 정도에 따라 영향을 받았으며, 깊이 마취된 쥐에 있어서는 영상 방식에 따른 차이가 적었으나, 마취가 깊지 못한 경우는 CSE T2WI에서는 움직임에 의한 인공 유령물에 의한 영향으로 인하여 특히 영상의 질이 저하되었다. 3마리의 쥐는 마취 즉시 사망한 상태에서 영상을 얻었으며, 이 경우 발견된 종괴의 수나 종괴의 MR 영상에서의 모양은 FSE와 CSE T2WI사이에 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

고 찰

FSE 방식은 변형된 k-space filling 방법으로 짧은 시간 내에 고식적 T2 강조 영상과 유사한 대조도를 보이는 영상을 얻을 수 있도록 새로이 개발된 MR 영상법으로서, 본 연구의 결과는 FSE 방법이 간 내 종괴를 발견하는데 있어서, 고식적 SE 방식에 비해 짧은 시간내에 시행할 수 있고 예민도가 높은 검사임을 입증하였다. 한번의 TR 동안 2-16회의 에코(echo train length; ETL)를 얻게 되며, 이는 한 영상 단면의 각각 서로 다른 k-space를 채우는 방식으로 영상화 된다. 따라서 이 방식에서 영상 획득 시간은 $TR \times \text{Number of phase encoding} \times \text{Number of signals}$

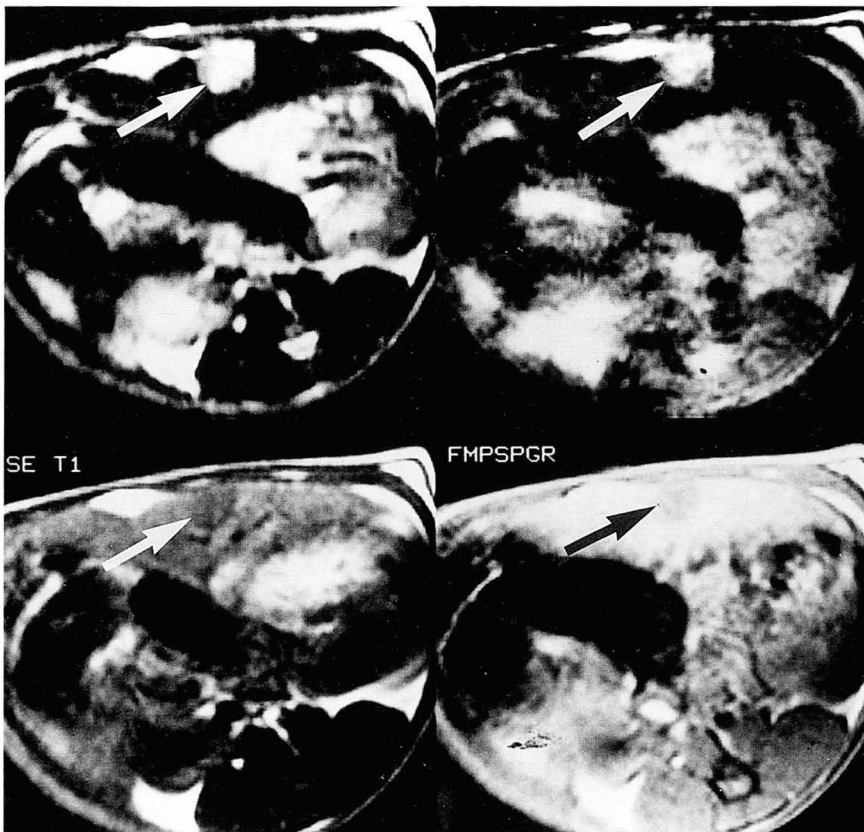


Fig. 2. Comparison of lesion conspicuity on fast spin echo(left upper), SE T2WI(right upper), T1WI(left lower), and FMPSPGR(right lower) images. A left lobe tumor(arrow) is most clearly depicted on FSE image with sharp margin and highest contrast. Slight blurring of tumor margin and anatomical structure is seen on SE T2WI. The mass was similarly visualized on SE T1WI and FMPSPGR images. Liver signal was slightly higher on the FMPSPGR image.

average/ETL로 계산되어 질 수 있다. 따라서 이론상 T2 강조 영상을 $1/2 - 1/16$ 로 감소된 시간에 얻을 수 있는 것이다(13-16).

FSE에서의 단점은 아직 고식적 스핀에코 방식에서와 같이 호흡에 따른 보상(respiratory compensation)을 이용할 수 없다는 데 있다. 그러나 Low등에 따르면, 그럼에도 불구하고 FSE 방식에서 오히려 호흡 및 심장 운동에 의한 유령물이 고식적 스핀 에코 방식에 비해서 적게 관찰되었다고 하였다(17). 저자들의 예에서는 실험 쥐에 대한 호흡 보상을 고식적 스핀에코 방식에서도 사용할 수 없었기 때문에 고식적 스핀에코 방식의 장점을 충분히 살려서 비교하지 못했다. 사망한 상태로 완전히 움직임을 없앤 상태에서는 두 방식에 의한 영상이 거의 비슷하였다.

Low등(17)은 26명의 환자에 대한 FSE, conventional spin echo, unenhanced and enhanced FMPSPGR 영상을

Table 2. Subjective Ratings of Image Quality for Each Sequence

	Very good	Good	Fair	Poor
FSE	8	5		
CSE T2WI	3	4	5	2
CSE T1WI	9	3	1	
FMPSPGR	6	4	3	

비교하여, 총 199개의 병변을 발견하고 이중, FSE 방식으로 179개(90%)를 CSE로는 169개(85%)를 발견하였으며, unenhanced 및 enhanced FMPSPGR로 178개(89%)를 발견하였으나, contrast-enhanced FMPSPGR 영상만으로는 159개(80%)를 발견하였다고 하였다(8). FSE 방식과 CSE가 저자들의 경우와 같이 큰 차이를 보이지 않는 것은, 저자들의 경우 CSE에서 respiratory compensation을 시행하지 못했으나, 이들의 경우에는 가능하였기 때문으로 생각된다. Semelka(18) 및 Schwartz등(19)의 최근 보고에 의하면 FSE 방식에 fat suppression을 병행할 경우, 간의 국소 종괴와 정상 간의 대조도를 증가시켜 FSE방식에서도 fat suppression기법을 병용함으로써 예민도를 높일 수 있을 것으로 여겨진다.

FSE방식은 두경부(20), 근 골격계(21) 및 골반부(15-17)이 MR영상에서 그 유용성이 평가되어 지고 있으며, 상복부 영상에도 유용성에 대한 보고가 이루어 지고 있는 추세여서 향후 널리 이용되어질 영상방식으로 생각되며 고식적 SE방식을 대체할 수 있는 방법으로 기대되는 데, 호흡 보상의 문제를 해결할 수 있다면 더욱 훌륭한 영상을 제공할 수 있을 것으로 생각한다.

일반적으로 T2 강조 영상이 간-종괴간의 대조도를 높게 할 수 있게 하여 T1강조 영상에 비해 종괴의 발견률이 높다고 알려져 있다(1, 22). 그러나 T2 강조 영상은 신호

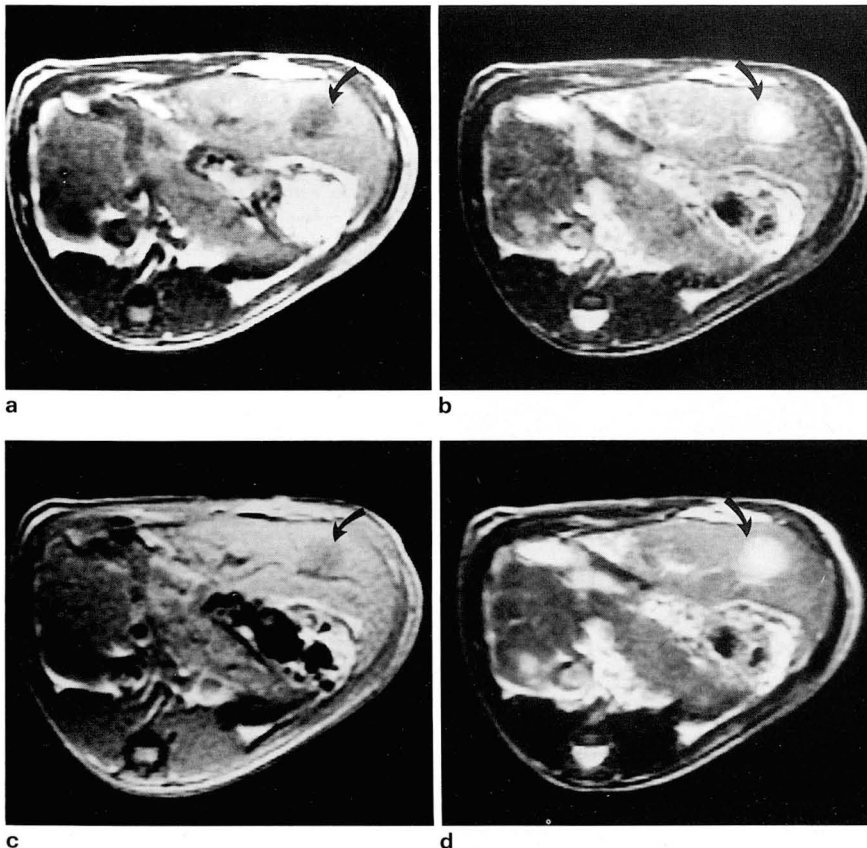


Fig. 3. Comparison of image quality of four imaging techniques on rats died just before the MR imaging. a. SE T1WI, b. SE T2WI, c. FMPSPGR, d. FSE T2WI. A hepatoma (curved arrow) is well visualized on all sequences with similar image quality and lesion conspicuity.

대 잡음 비가 낮고, 해부학적 해상도가 떨어지며, 영상 시간이 길다는 단점이 있다. 높은 자장의 일반적 MR영상 장치에서 inversion-recovery 방식과 같은 강한 T1 강조 영상을 이용하거나(1), echo time을 줄이든지 지방 억제(fat suppression)방식을 이용하면 높은 대조도를 얻을 수 있으며, 종괴에 대한 발견률도 고식적 T2 강조 영상에 못지 않은 결과를 얻을 수 있다는 보고가 있다(23, 24). 그러나 이들 방식 또한 영상 시간을 길게 하거나 움직임에 의한 유령물을 증가시킬 수 있다는 단점이 있다. 따라서 영상 시간을 줄이고 높은 T1 강조 영상을 얻기 위한 방법으로 다양한 급속 영상 방식이 개발되어 소개된바 있다. 이들 방식들은 일정시간 숨을 참게 하는 동안 제한된 수의 영상을 얻을 수 있게 하여 준다(4-9). 스핀에코 방식을 이용한 rapid acquisition spi echo(RASE) 방식은 half-Fourier transformation을 통해 23초의 영상 시간에 11개의 T1강조의 영상 단면을 얻을 수 있게 하여 줌으로써 움직임에 의한 유령물을 줄이고 높은 대조도를 얻게하여 준다(4, 7). 그러나 이방식에서는 신호대 잡음 비가 떨어지며, pulsation artifact가 문제 될 수 있으며, 영상 단면의 수가 적어 간 전체를 영상화 하지 못할 수 있다. Gradient echo (GRE) 방식을 이용한 spoiled GRE {FLASH(Siemens), SPGR(GE), T1-FAST(Picker), STAGE(Shimadzu)} 또는 magnetization prepared GRE(MP-GRE) {Turbo FLASH(Siemens), FSPGR-prepared(GE)}와 그 변형들이 소개된 바 있다(5, 6, 25-27).

FSPGR의 다 평면 영상 획득 방식이라 할 수 있는 FMPSPGR은 아주 짧은 TR 및 TE로 영상 한 단면 당 시간을 1초 이내로 줄일 수 있는 fast gradient 방식으로써, 잔여 횡축 자기화를 phase offset RF pulse로 spoiling하여 T2* 효과의 영향을 없애면서 간 전체에 대한 T1 강조 영상을 한번에 영상화 할 수 있으며, 여러 평면을 interleaved 형식으로 동시에 영상화 함으로써, 단면간의 gap을 두어 영상화 할 필요가 없고 신호 강도를 좋게 하며 작은 크기의 종괴를 놓치지 않을 수 있다. 또한, 전체적인 TR 시간이 한 단면씩 영상화 할 때 보다 길게 되어 신호대 잡음 비를 높여 줄 수 있다(13, 17, 27).

Semelka등(28)은 rapid acquisition spin echo(RASE), turbo FLASH, FLASH 및 고식적 스핀에코 방식에 의한 T1 강조 영상을 비교하였을때, FLASH방식이 가장 신호대 잡음 비 및 비장대 간의 신호 강도 차이 대 잡음비(spleen-liver signal-difference-to-noise)값이 높았으며, 움직임에 의한 인공 유령물이 가장 적고, 영상의 질 또한 가장 좋았다고 보고한 바 있다. 그런데, Low 등(27)의 최근 보고에 따르면 FMPSPGR 방식은 slice당 영상 시간이 FLASH의 1.35sec/slice에 비해 0.88sec/slice로 더욱 감소시킬 수 있음으로 영상의 질을 높이는 데 보다 유연할 수 있다고 하였으며, FMPSPGR 방식을 Semelka등(28)의 연구에서와 같이 256×128 matrix, ± 32 kHz bandwidth, 1 excitation을 하여 시행할 경우, 비슷한 SNR 및

CNR을 얻을 수 있겠으나, receiver bandwidth를 ± 16 kHz로 할 경우, SNR의 72% 증가 및 CNR의 66% 증가 효과를 가져올 수 있다고 하였다.

TE는 FOV, scan thickness, receive bandwidth에 따라 변화되게 되며, TR은 TE 및 영상 단면의 수와 optional parameter에 따라 변화된다(13, 17, 27). 본 연구에서는 흰 쥐를 대상으로 하여, FOV를 10cm, scan thickness를 5mm로 하였고, 따라서 TE 시간이 5.2msec로 되어, 사람에서의 사용되는 시간인 2.3-2.7msec(fat/water opposed image)나 4.2-4.5msec(fat/water in-phase image)에 비해 길어졌으며, 또한 SE T1WI와 동일한 비교를 위해 NSA를 2로 하여서 영상 시간이 사람에서 시행할 때의 22-30sec(FOV 30-32cm, scan thickness 10mm, TE 2.6-2.7msec, NSA 1)에 비해 47sec로 길어졌다.

각 영상 기법에서의 영상의 질을 움직임에 의한 유령물이 나타나는 정도와 정상 해부 구조의 명확성을 기준으로 하여 평가하였을때 FSE와 SE T1WI 영상이 비슷하게 우수한 것으로 평가되었는데, 이는 종괴의 발견률이나 현저도는 FSE에서 우수하였으나, 해부학적 구조, 특히 간의 경계나 내부의 혈관 구조 등은 SE T1WI에서 뚜렷하게 관찰되었기 때문이었다. SE T2WI에서는 심한 움직임에 의한 영향으로 영상의 질 또한 가장 나쁘게 평가되었다. 그러나 이점에 있어서는 영상의 질이 쥐의 마취 정도에 영향을 받았다는 점과, SE 방식은 사람에 적용할 경우 호흡 보상을 함으로써 영상의 질을 좋게 할 수 있고, FMPSPGR의 경우 호흡을정지하도록 함으로써 호흡에 의한 유령물을 줄일 수 있으므로 사람에 대한 연구를 통한 비교가 필요하리라 생각한다.

본 실험에 있어서의 제한 점의 하나는 흰쥐의 간을 실험 후 절제한 후 포르말린으로만 고정한 후 절편하였기 때문에 미세한 병변을 MR 영상과 완전히 일치시켜 보지 못하였던 점이다. 흰쥐를 전체적으로 냉동하여 절편하면 보다 객관적인 비교가 가능하였겠으나 저자들에 있어서는 이와 같은 방법은 시행하지 않았다. 그러나, 가능한 MR 영상에서 관찰된 영상면과 대응되도록 간 절편을 만들도록 노력하였고, 실험의 목적이 MR 영상 방식간의 비교에 있었으므로 이론적으로 예상되어 질 수 있는 조직 병변과의 오대응(mismatching)은 MR 영상간의 비교로 극복될 수 있는 문제점이라 생각된다. 대부분의 임상보고는 병리학적 비교보다는 MR 영상방식간의 비교만으로 이루어 지고 있기도 하다(1-3, 17, 18, 28). 본 연구에 있어서의 또 하나의 약점은 실험 군에 대하여 호흡 보상을 병행한 SE 영상을 얻지 못하였다는 데 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 FSE 방식이 호흡 보상을 병행할 수 없는 데 비하여, 고식적 SE 방식은 호흡 보상을 통한 움직임의 악 효과를 줄일 수 있는 데 이를 사용하지 못하였던 것은 상대적으로 본 연구의 결과가 FSE 방식을 선호하게 하는 편향 요인으로 작용하게 되었을 가능성이 높다. 따라서 이와 같은 약점을 보완하기 위하여 동물에 대한 호흡 보상 방식을 개발할 필요가

있으며, 향후 사람에서 간 종괴의 평가에 있어서 고식적 SE 방식과 급속 영상 방식에 의한 영상의 비교 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각한다.

결론적으로, FSE 방식은 흰쥐에 유발한 간 내 종괴를 발견하는데 가장 높은 예민도와 병변 현저도를 보인 우수한 MR 영상 법이었으며, FMSPGR 방식에 의한 T1 강조영상은 고식적 스핀 에코 방식의 MR 영상에 비해 적은 시간으로 영상이 가능하고 종양의 발견률도 높은 유용한 검사법이었다. 따라서 이 두 방식은 그 자체가 갖는 짧은 영상 시간이라는 장점과 함께 높은 병변 발견률과 대조도를 보인다는 점으로 인해, 향후 임상적으로 널리 이용되어 지리라고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Reinig JW, Dwyer AJ, Miller DL et al. Liver metastasis detection: comparative sensitivities of MR imaging and CT scanning. *Radiology* **1987**;162:43-47
2. Stark DD, Wittenberg J, Butch RJ, Ferrucci JT Jr. Hepatic metastases: randomized, controlled comparison of detection with MR imaging and CT. *Radiology* **1987**;165:399-406
3. Rummeny EJ, Wernecke K, Saini S et al. Comparison between high-field-strength MR imaging and CT for screening of hepatic metastases: a receiver operating characteristic analysis. *Radiology* **1992**;182:879-886
4. Mirowitz SA, Lee JKT, Brown JJ, Eilenberg SS, Heiken JP, Perman WH. Rapid acquisition spin-echo(RASE) MR imaging: a new technique for reduction of artifacts and acquisition time. *Radiology* **1990**;175:131-135
5. Frahm J, Hasse A, Matthaei D. Rapid three-dimensional MRI using the FLASH technique. *J Comput Assist Tomogr* **1986**;10:363-368
6. Edelman RR, Wallner B, Singer A, Atkinson DJ, Saini S. Segmented turbo FLASH: method for breath-hold MR imaging of the liver with flexible contrast. *Radiology* **1990**;177:515-521
7. Mirowitz SA, Lee JKT, Gutierrez E, Brown JJ, Heiken JP, Eilenberg SS. Dynamic Gadolinium-enhanced rapid acquisition spin-echo MR imaging of the liver. *Radiology* **1991**;179:371-376
8. Taupitz M, Hamm B, Speidel A, Deimling M, Branding G, Wolf K-J. Multisection FLASH: method for breath-hold MR imaging of the entire liver. *Radiology* **1992**;183:73-79
9. Feinberg DA, Oshio K. GRASE(gradient- and spin-echo) MR imaging: a new fast clinical imaging technique. *Radiology* **1991**;181:597-602
10. 김호근, 이유복: 발암제 (3'-methyl-4-dimethylaminoazobenzene) 로 유도된 간암 발생과정에 관한 연구. 연세의대 논문집 **1987**;20:285-298
11. 문정숙, 박영년, 박찬일: 황산 구리 투여가 3'-methyl-4-dimethylaminoazobenzene에 의한 간암 발생과정에 미치는 영향. 대한병리학회지 **1992**;26:360-371
12. 안희정, 박찬일: Ethanol이 3'-methyl-4-dimethylaminoazobenzene에 의한 실험적 간암 발생과정에 미치는 영향. 연세의대 학위논문집 **1992**, 2학기. 212-228
13. Prorok RJ, Sawyer AM. *Signa advantage applications guide*. Vol IV. 1st ed. Wisconsin. General Electric Co. **1992**;17-25
14. Smith RC, Reinhold C, Lange RC, McCauley TR, Kier R, McCarthy S: fast spin-echo MR imaging of the female pelvis. *Radiology* **1992**;184:665-669
15. Smith RC, Reinhold C, McCauley TR et al. Multicoil high-resolution fast spin-echo MR imaging of the female pelvis. *Radiology* **1992**;184:671-675
16. Nghiem HV, Herfkens RJ, Francis IR et al. The pelvis: T2-weighted fast spin-echo MR imaging. *Radiology* **1992**;185:213-217
17. Low RN, Francis IR, Sigeti JS, Foo TKF. Abdominal MR imaging: comparison of T2-weighted fast and conventional spin-echo, and contrast-enhanced fast multiplanar spoiled gradient-recalled imaging. *Radiology* **1993**;186:803-811
18. Semelka RC, Shoenut JP, Kroeker MA et al. Focal liver disease: comparison of dynamic contrast-enhanced CT and T2-weighted fat-suppressed, FLASH, and dynamic gadolinium-enhanced MR imaging at 1.5T. *Radiology* **1992**;184:687-694
19. Schwartz LH, Seltzer SE, Tempany CMC, et al. Prospective comparison of T2-weighted fast spin-echo, with and without fat suppression, and conventional spin-echo pulse sequences in the upper abdomen. *Radiology* **1993**;189:411-416
20. Jones KM, Mulkern RV, Schwartz RB, Oshio K, Barnes P, Jolesz FA. Fast spin-echo MR imaging of the brain and spine: current concepts. *AJR* **1992**;158:1313-1320
21. Underberg-Davis SJ, Rubin DA, Kneeland JB, Dalinka MK, Listerud J. *Fast spin echo(RARE) imaging of the knee and shoulder(abstr)*. In: Book of abstracts: Society of Magnetic Resonance in Medicine 1992. Berkely, Calif: Society of Magnetic Resonance in Medicine **1992**;328
22. Foely WD, Kneeland JB, Cates JD, et al. Contrast optimization for the detection of focal hepatic lesions by MR imaging at 1.5T. *AJR* **1987**;149:1155-1160
23. Mitchell DG, Vinitzki S, Sapnaro S, Tasciyan T, Bruk DL, Rifkin MD. Liver and pancreas: improved spin-echo T1 contrast by shorter echo time and fat suppression at 1.5T. *Radiology* **1991**;178:67-71
24. Semelka RC, Chew W, Hricak H, Tomei E, Higgins CB. Fat saturation MR imaging of the upper abdomen. *AJR* **1990**;155:1111-1116
25. Hosinger-Bampton AE, Riederer SJ, Campeau NG, Ehman RL, Johnson CD. T1-weighted snapshot gradient-echo MR imaging of the abdomen. *Radiology* **1991**;181:25-32
26. Elster AD. Gradient-echo MR imaging: techniques and acronyms. *Radiology* **1993**;186:1-8
27. Low RN, Francis IR, Herfkens RJ, Jeffrey RB, Glazer GM, Shimakawa A, Pelc NJ. Fast multiplanar spoiled gradient-recalled imaging of the liver: pulse sequence optimization and comparison with spin-echo MR imaging. *AJR* **1993**;160:501-509
28. Semelka RC, Simm FC, Recht M, Deimling M, Lenz G, Laub GA. T1-weighted sequences for MR imaging of the liver: Comparison of three techniques for single-breath, whole-volume acquisition at 1.0 and 1.5T. *Radiology* **1991**;180:629-635

Comparison of Fast Spin Echo, Fast Multiplanar Spoiled Gradient Recalled and Conventional T1 and T2 Weighted Imaging for Experimentally Induced Hepatic Tumors in Rats

Myeong-jin Kim, M.D., Jong Tae Lee, M.D., Jin Suk Suh, M.D.,
Pil Sik Choi, M.D., Yeon Hee Lee, M.D., Hyung Sik Yoo, M.D., Ki Whang Kim, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine

Purpose: To compare the ability of tumor detection and the lesion conspicuity between T1- and T2-weighted fast scanning sequences and T1- and T2-weighted conventional spin echo techniques in MR imaging of hepatic tumors.

Materials and Method: Hepatic tumors were induced on 13 male Sprague-Dawley rats by feeding 3'-methyl-dimethylethylaminoazobenzene mixed with Miller's III formula for 12 weeks. MR images were obtained with 1.5T magnet with dual TMJ coil (Signa, GE Medical Systems, Milwaukee, USA). Animals were anesthetized with 150mg/kg of ketamine hydrochloride. T2 weighted fast spin echo (FSE), conventional spin echo (CSE) T2- and T1WI, fast multiplanar spoiled gradient recalled (FMPSPGR) imaging were obtained. Number of detected tumors and contrast-to-noise ratio of the tumors were compared for each sequence.

Results: Overall 110 tumors were developed. 75% of the tumors were detected on FSE, 65% on FMPSPGR, 41% on conventional T2WI, and 41% on T1WI images. For tumors more than 5mm in diameter, sensitivity was 88% on FMPSPGR, 65% on conventional T2WI, and 81% on T1WI images respectively. CNR of the tumor was 28.94 ± 21.6 on FSE, 13.57 ± 8.64 on FMPSPGR, 12.62 ± 10.65 on CSE T2WI, and 9.47 ± 8.05 on CSE T1WI images, which was significantly high on FSE ($p < 0.05$).

Conclusion: Fast spin echo T2 WI shows highest sensitivity and tumor-to-liver contrast. FMPSPGR imaging is also favorably comparable with conventional T1WI. Therefore, these two pulse sequences can be useful in clinical condition for hepatic MR imaging.

Index Words: Liver neoplasms, MR

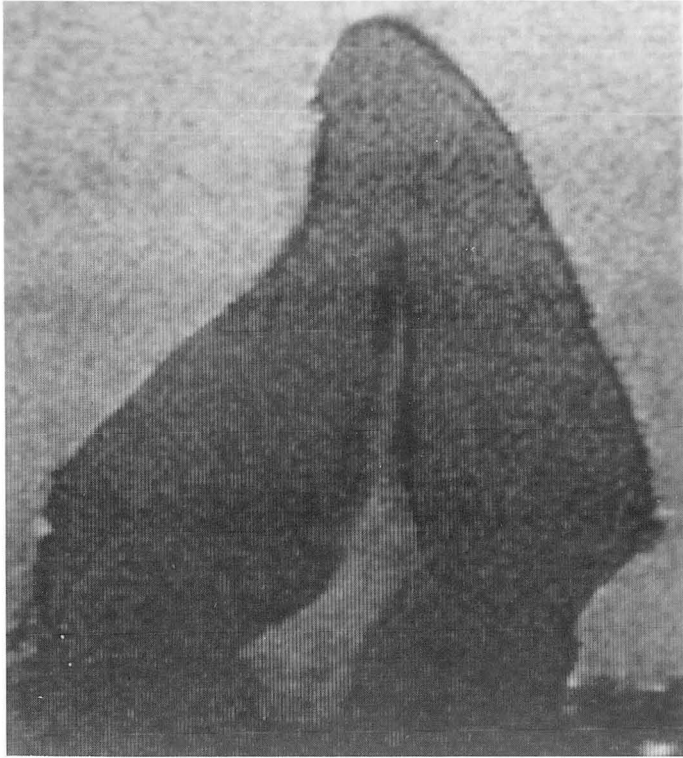
Neoplasms, experimental

Magnetic resonance (MR), comparative studies

Magnetic resonance (MR), technology

Address reprint requests to : Myeong-jin Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine.
134 Shinchon-dong, Seodaemun-ku, Seoul, 120-752 Korea. Tel. 82-2-361-5839 Fax. 82-2-393-3035

MicroMR Imaging of Tooth



Sagittal Image



Coronal Image

1. 2.0T Homebuilt MR machine at KAIST
2. Homebuilt saddle coil : Diameter 2.0cm
3. FOV : 2.0cm
4. Slice thickness : 1mm
5. TR/TE = 1500/30
6. Matrix : 256 × 256

제공 : 1) 배재대학교 물리학과
 2) 연세의대 영동세브란스병원 진단방사선과
 3) 한림대학교 치과대학
 1) 이동훈, 2) 정태섭, 3) 박연천

컴퓨터의 원고는 방사선의학 또는 영상과 관계가 있는 사진 또는 그림으로서 독자들에게 흥미를 줄 수 있는 내용이어야 합니다. 한 페이지 단위가 되어야 하며 두 페이지 이상인 경우는 독립적으로 가치가 있어야 하며, 게재여부는 대한방사선 의학회지 편집위원회에서 결정하며 게재료는 학회에서 부담합니다.